

Seminar i fiskeriforvaltning og forskning. Tromsø 23 april 2003.

## Norske Fiskeressurser - forskning og forvaltning

av

**Johannes Hamre**

Seniorforsker emeritus, Havforskningsinstituttet, Bergen

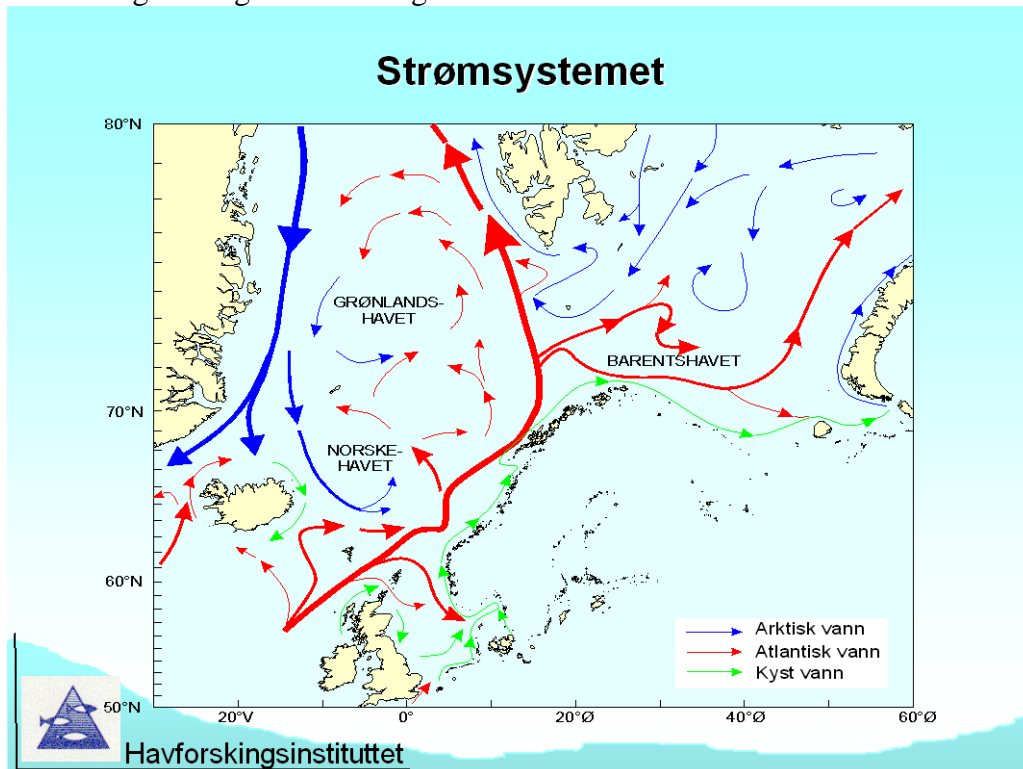
### Innledning

Det jeg skal snakke om er norske fiskeresurser, forskning og forvaltning. Dette er et omfattende emne, som må avgrenses skal en komme i mål innen den tidsmargin en har til rådighet. Tidligere i programmet har Torstein Pedersen foredradd "*Fiskeribiologiske ideer, begreper og uttrykk som brukes i fiskeriforvaltningen*", og jeg antar at han har tatt med det som bør sies om forvaltningsrettet forsknings metodikk, bestands beregninger og biologisk prøvetakning. For å synlig gjøre norske fiskeresurser har jeg valgt norske fangster og total fangsten av vedkommende bestand, en enkel men langt fra fyldig gjørende fremstilling,. Dette ville ha vært en reel fremstillings form dersom bestandene var optimalt beskattet og utbytte av fellesbestandene fordelt etter en biologisk definert fordelings nøkkel, for eksempel biologisk tilhørighet. Det er de ikke, spesielt ikke i Nordsjøen hvor enkelte viktige bestander, er ekstremt overbeskattet. Derfor vet vi egentlig lite om hvilke potensielle fiskeresurser vi har i Nordsjøen. Våre viktigste fiskebestander tilhører imidlertid et annet økosystem, økosystemet i Norskehavet og Barentshavet. Der er det vi sammen med russerne som har hovedansvaret for fiskeri forvaltningen, mens Norge spiller en underordnet rolle i forvaltningen av resursene i Nordsjøen. Av den grunn vil mitt innlegg i hovedsak omhandle fiskeressursene i Norskehavet-Barentshavet.

### Det fysiske miljø

De fysiske rammebetingelsene for biomasse produksjonen i havet bestemmes av havklimaet. Figur 1 viser det strømsystemet som bestemmer havklimaet i våre farvann. Golfstrømmen bringer varmt og nærings rikt vann in i Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet og bestemmer rammebetingelsene for våre fiskeressurser. Strømmen deler seg i to hovedgrener øst av Færøyane, en går nordøst over mot Barentshavet og en inn i Nordsjøen. Det gir opphav til to tilnærmet uavhengige økosystemer med egne selvrekrutterende bestander, et i Nordsjøen og et i Norskehavet-Barentshavet. Langs norskekysten har vi i tillegg en strøm som renner nordover og som gjør at alle våre kyst bestander tilhører det nordlige økosystem. Det er derfor naturlig å dele våre fiskeressurser i to hovedgrupper, Nordsjøbestandene og bestandene i Norskehavet- Barentshavet. For oss er de sistnevnte de viktigste både økonomisk og i

forvaltningsmessig sammenheng.



Figur 1. Strømsystemet

## Nordsjøbestandene

Nedenfor stående tabell viser norsk fangst og totalfangst i tusen tonn av bestandene i Nordsjøen i 2001. Sild og makrell er de økonomisk viktigste, mens industrifiske er størst i volum. Det meste av sistnevnte kvantum er tobis. Av makrell er det to stammer, Nordsjømakrell og en vestlig stamme, som gyter vest av de Britiske øyer. Nordsjøstammen er sterk nedfisket og makrellen forvaltes nå som en bestand. Torskebestanden er ekstremt nedfisket og forskerne anbefaler totalfredning.

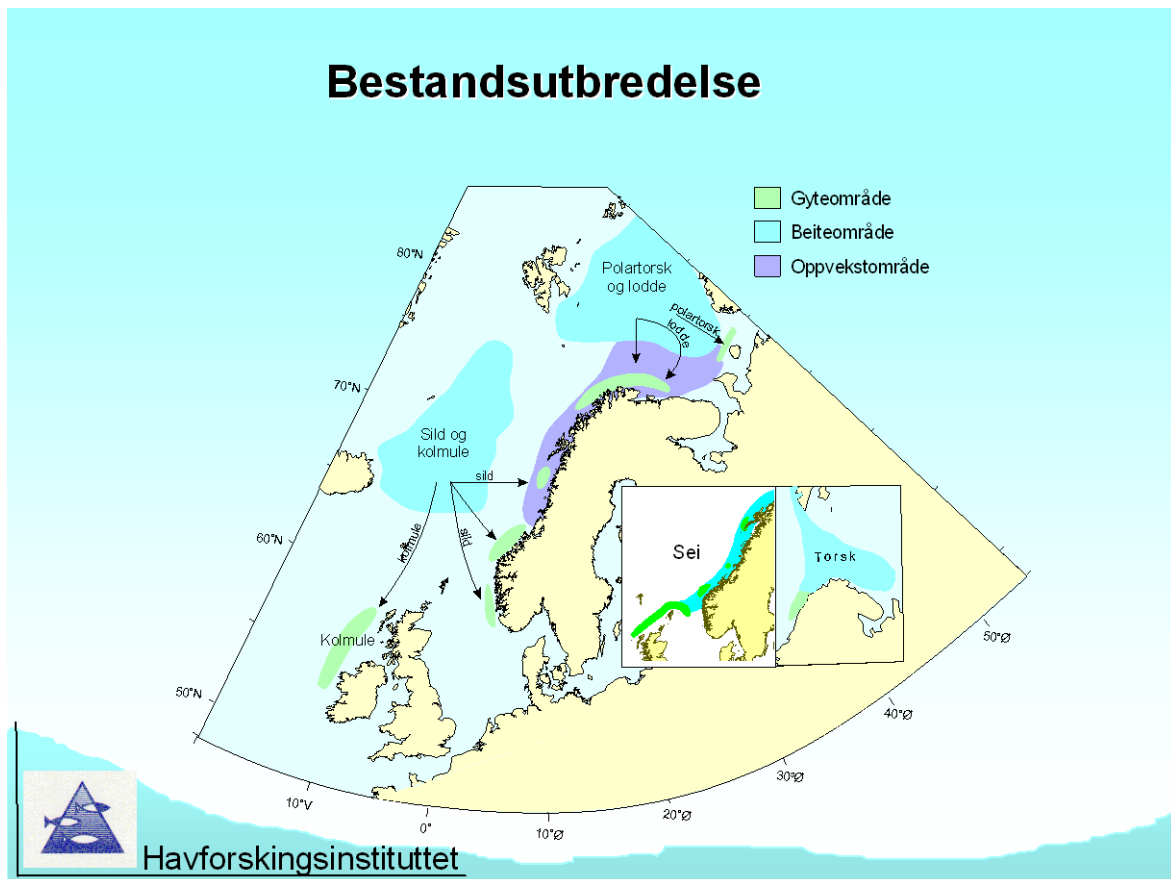
	norsk	total	% norsk
sild	75	295	25.4
makrell	158	273	57.9
brisling	10	170	5.9
sei	44	86	51.2
torsk	4	42	9.5
hyse	2	40	5.0
hvitling	0	19	0.0
industrifisk	197	917	21.5

## Bestandene i Norskehavet-Barentshavet

Denne tabellen viser norske fangster og total fangst i tusen tonn i Norskehavet-Barentshavet i 2001. Sild, lodde og kolmule gir størst utbytte i vekt, mens torsken er den viktigste økonomisk

	norsk	total	% norsk
sild	495	788	62.8
lodde	376	575	65.4
kolmule	573	1780	32.2
sei	119	127	93.7
torsk	188	426	44.1
hyse	41	81	50.6

Figur 2 viser utbredelsen og vandringene til områdets viktigste fiskebestander. Den voksne silda beiter langs polarfronten i Norskehavet og gyter på kysten av Vestlandet om våren. Den blir kjønnsmoden i alderen 4-6 år, avhengig av veksten, og har lang levetid, over 20 år. Sildeyngelen klekkes i kyststrømmen og driver nordover og inn i den sentrale og sørlige delen av Barentshavet hvor den vokser opp. Der oppholder den seg i 3 til 4 år før den vandrer ut og tilbake til Norskehavet og Vestlandet hvor den egentlig hører hjemme. Og det er betydelige kvanta den tar med seg 'hjem'. Da 1983-årsklassen vandret ut fra Barentshavet sommeren 1986, tok den med seg nærmere 2 mill. tonn 'feitsild' i størrelse 20 til 30 cm. Silda bringer således store verdier ut av Barentshavet, en typisk "søring" med andre ord.



Figur 2. Utbredelse og vandringer (se tekst)

I Norskehavet har vi også en stor bestand av kolmule som lever av krill og større planktoniske dyr. Kolmule gyter på sokkelen vest av De britiske øyer, og transporterer derved biomasse fra Norskehavet til EU-sonen. Her fiskes den av oss, mot avgift.

I Nord-Norge spiller lodda en liknende rolle for fisket som silda på Vestlandet. Men livsmønsteret til lodda er annerledes. Lodda blir kjønnsmoden etter 3 til 5 år og begynner da vandringsen mot kysten for å gyte. Under denne vandringsen blir den tilgjengelig som mat for torsken. Dette blir derfor en farefull ferd hvor få rekker frem og så og si ingen vender tilbake. Det medfører at lodda blir engangs gyter med kort levetid. Når loddeyngelen klekkes driver den med strømmen nord og vest over og havner langs iskanten etter et år.

Torsk og sei er de største predatorer i systemet, seien i Norskehavet og torsken i Barentshavet. Torsken gyter i Lofoten om våren og beiter på fisk og skalldyr i den sørlige del av Barentshavet. Dens viktigste næring er gytemoden lodde. Torsken blir kjønnsmoden i alderen 5-8 år, avhengig av veksten som igjen er avhengig av tilgangen på lodde..

Beite effekt og konkurranse er viktige faktorer som bestemmer de ulike bestandenes tallrikhet. Siden 1984 har Havforskningsinstituttet studert torskens mageinnhold i Barentshavet og beregnet hvor mye den eter av ulike arter hvert år. Dette er grunnleggende kunnskap for råd om forvaltning i flerb Bestand sammenheng.

Vi har ikke et tilsvarende mageprøve program for seien og derfor vet vi lite om hvordan denne påvirker utviklingen i sildebestanden. Sei bestanden har vært voksende etter at sildebestanden ble bygget opp igjen og har utvilsomt en økende effekt på dødeligheten i sildebestanden.

Lodda beiter som nevnt i den marginale is sonen, og dens gytevandring sørover begynner ved årets begynnelse. På vandringen mot kysten møter den torsken.



Figur 3.

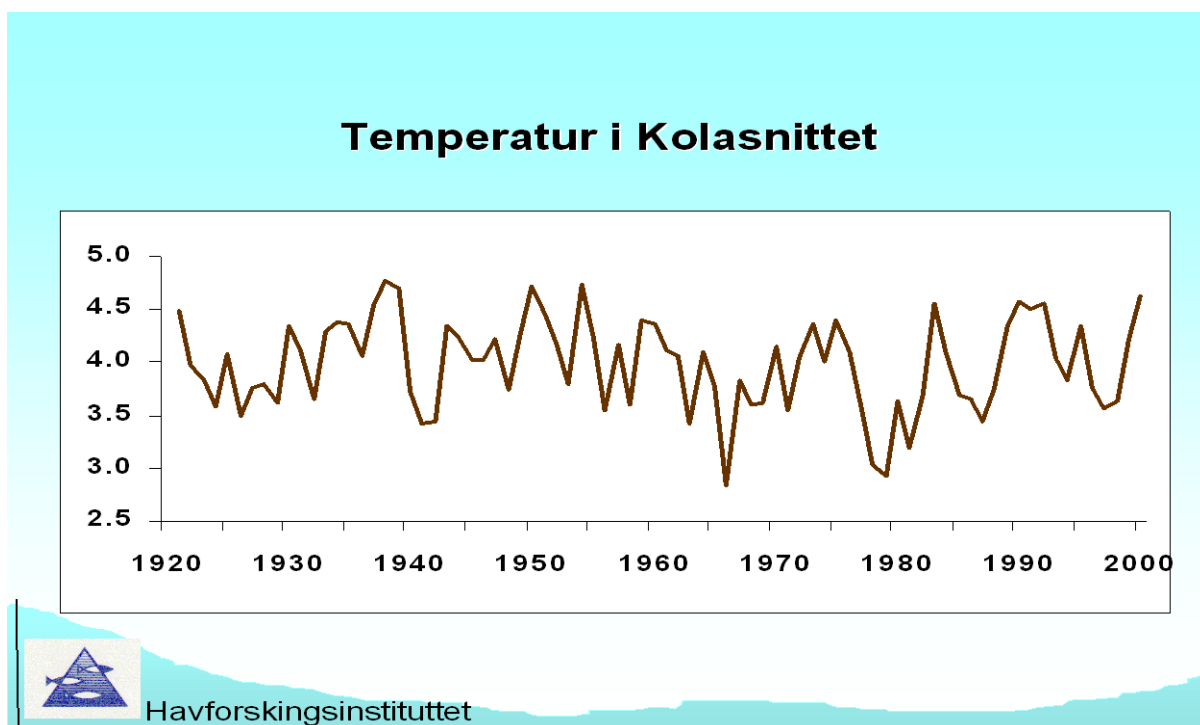
Dette er i hovedsak umoden torsk, for den kjønnsmodne torsken er nå på vei til Lofoten for å gyte. Og er ungorsk bestanden tallrik, så blir beitepresset på lodda tilsvarende stort.

Interaksjonen mellom sild og lodde er imidlertid den viktigste faktor som påvirker utbyttet av fisket i Barentshavet (fig. 3). Som nevnt tidligere er sørlige del av Barentshavet oppvekstområde for ungsild i alderen 0-4 år. Silda er en effektiv plankton eter, som også eter fiskelarver. Det siste går hardest utover lodda som har sine gytefelt like i nærheten av sildas beitefelt. Lodda gyter og dør etter 3- 5 år og dette medfører at når silda får sterke års klasser, som blokkerer for lodderekuttering i 3-4 år, kolliderer loddebestanden. Da blir ikke planktonproduksjonen i den marginale is sone tilgjengelig for verken for torsken eller andre fisk etende dyreslag i området. Interaksjonen skaper et brudd i næringskjeden, et brudd som går mest utover torsken som er den største predator i området. Når torsken mangler bytte dyr avtar veksten og kjønnsmodningen blir forsinket, og denne interaksjonen mellom sild og lodde er sannsynligvis hovedårsaken til at torskefisket på Norskekysten og spesielt i Lofoten, er så variabelt.

Dette er de viktigste elementene i økosystemets struktur som de store bestandene har tilpasset seg. Dynamikken eller forandringene i systemet styres av fysiske forandringer i havklimaet.

## Havklima

Forandringene i havklimaet er sannsynligvis bestemt av styrken av Atlanterhavstrømmen. Når Atlanterhavsstrømmen er kraftig og temperaturen i Barentshavet stiger over et visst nivå, får sild og torsk ofte sterke års klasser. Figur 4 viser målt temperatur i Barentshavet siden begynnelsen av forrige århundre. Figuren viser at temperaturen svinger periodisk slik at det går 8 til 12 år mellom hver gode rekrutteringsperiode. Siden 1950 har det vært 5 slike gode rekrutteringsperioder, de 3 siste var i 1983, 1991-92 og 2001-2002.



Figur 4.

Generelt kan vi si at systemet virker slik at periodiske svingninger i Atlanterhavstrømmen gir varme perioder og god rekruttering for sild og torsk med om lag 10 års mellomrom. De sterke sildeårsklassene reduserer rekrutteringen til loddebestanden så sterkt at den kollapser etter 3 til 4 år. Da er ungtorsk bestanden (3- og 4-åringer) særdeles tallrik. Samtidig vandrer silda ut av Barentshavet og torskebestanden mister således sine to viktigste byttedyr samtidig. Da blir det 'smalhans' for torsken og får den tilskudd av nye rekrutter i denne situasjonen blir de spist opp av eldre torsk. Slik reduserer den egen tallrikhet når mattilgangen er liten.

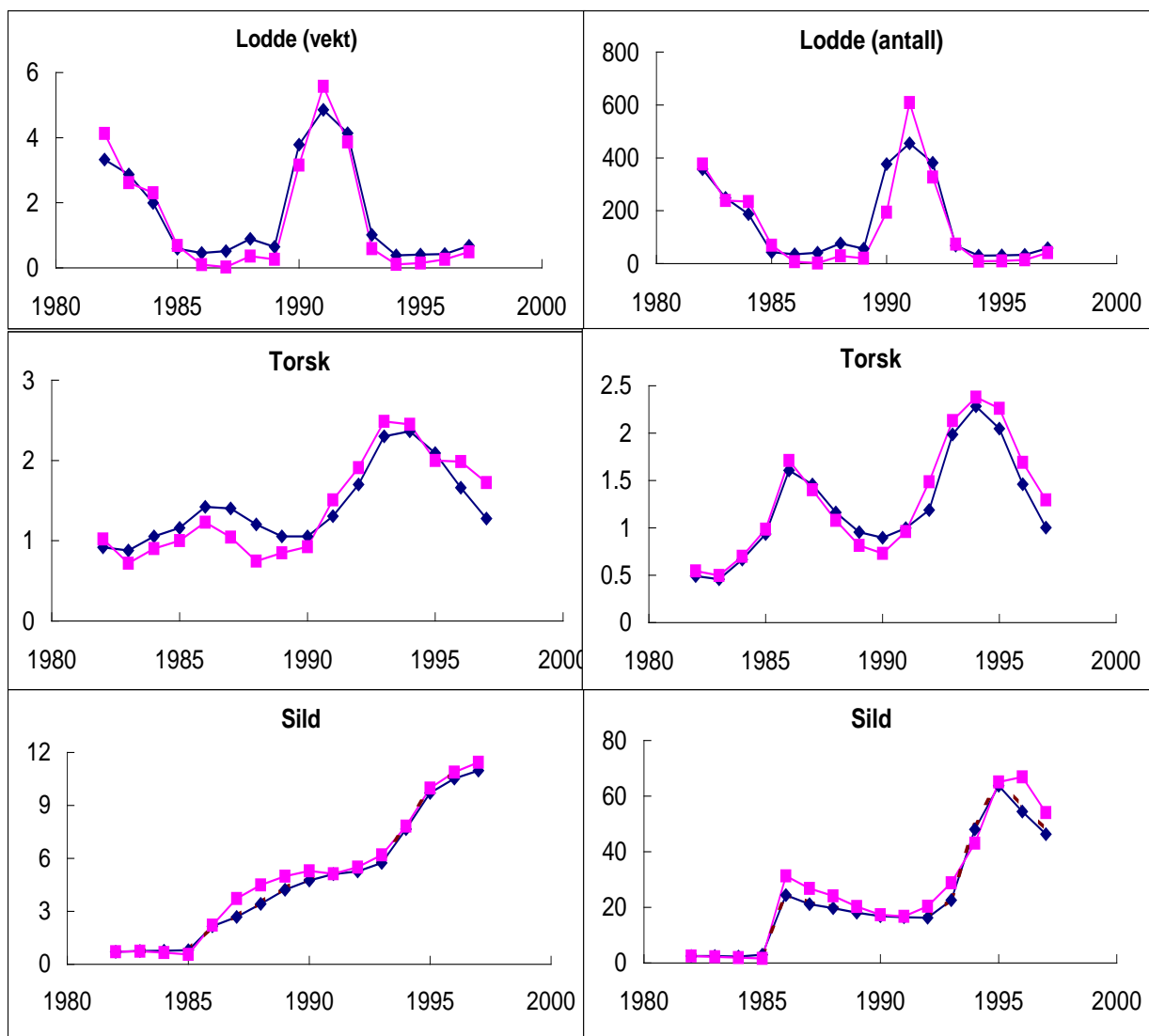
## Forvaltning

Fiskebestandene i våre farvann har vært regulert med årlige fiskekvoter siden slutten av 1970-årene. Kvotene bestemmes etter råd fra en kommitte (ACFM) under det internasjonale havforskerråd (ICES). I den første tiden ga ACFM råd (referansepunkt) med sikte på å oppnå maksimalt vedvarende utbytte av en bestand (MSY), og tilsvarende maksimal og optimal fiskedødelighet ( $F_{max}$ ,  $F_{opt}$ ). Som grunnlag for rådene har ACFM brukt såkalte VPA-modeller som beskriver fangst- og bestandshistorien for hver enkelt bestand. Modellene kan under bestemte forutsetninger fremskrives i tid og tjene som bestands prognoser som grunnlag for fangstkvoter. Etter krisen i økosystemet i Barentshavet i 1980-årene innså man at enbestands modellene ikke var egnet for langtidsprognoser og beregning av langtids utbytte, og ACFM forandret referansepunktene for sine råd til kun å gjelde fangstens betydning med tanke på å verne gytebestanden. Til det trenger en prognoser for utviklingen i to år. Man gir opsjoner for neste års fangst og beregner hvilken gytebestand det vil gi året etter. Så definerer man en nedre grense for gytebestanden størrelse som bestemmer hvorvidt bestanden er innenfor/utenfor sikre biologiske grenser. ACFM gir således ikke lenger råd om hvordan en bestand skal beskattes for å få høyt utbytte, men hvordan den bør beskattes for å verne gytebestanden. Rådene er derfor av begrenset verdi for næringen som ønsker størst mulig langtids utbytte av ressursene.

En analyse av kvaliteten av ACFM's prognoser og forvaltnings råd i 1990-årene (Henrik Sparholt: Quality of ACFM advice) viser at for norsk arktisk torsk er 2-års prognosene rådene bygger på lite pålitelige og bestandsvurderingene har til tider vært sterkt misvisende. Dette skyldes at VPA-modellen ikke tar hensyn til de økologiske interaksjonene i systemet. Kun flerbestands modeller som har med disse prosessene kan tjene som redskap for langtids prognoser og som avslutning på dette innlegget skal jeg gi en kort innføring i et slikt modellarbeide som jeg selv har vært leder for.

## Modellering

Dette er en såkalt konseptuel top-down simuleringsmodell, kalt Systmod, og er utviklet med teknisk assistanse fra Norsk Regnesentral.. Den inkluderer sild, lodde og torsk og er tilpasset utviklingen i bestandene i årene 1982-1997. Den inkluderer to klimaperioder med vidt forskjellige rekruttering og vekstforhold for bestandene. Det vil føre for langt å gå nærmere inn på hvordan modellen er bygget opp, men modellens pålitelighet måles ut fra hvor godt den gjenskaper fortiden og som figur 5 viser er modelltilpasningen til målte data rimelig god. Det betyr at forutsetter vi at de samme fysiske og biologiske interaksjonene konseptet inneholder vil være aktive også i fremtiden er systemet forutsigbart såfremt vi kan forutsi hyppigheten av de varme klimaperiodene med sterke årsklasser av sild og torsk. Det vil med andre ord si at vi da kan trekke simuleringskurvene i figur 5 inn i fremtiden og beregne utviklingen i bestandene og utbytte ved ulike grader av beskatning.

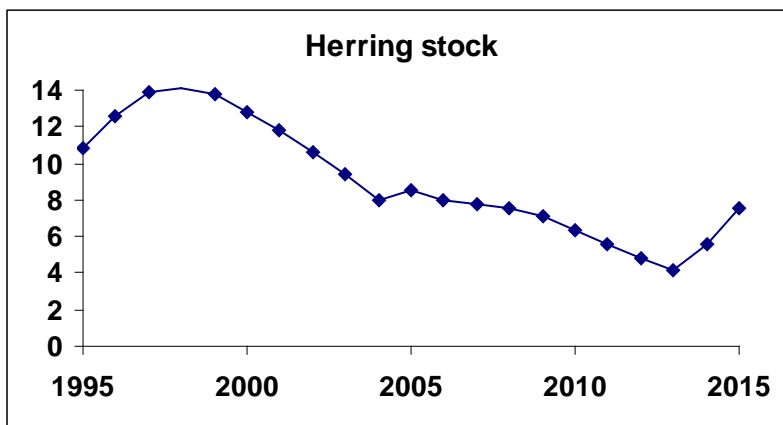
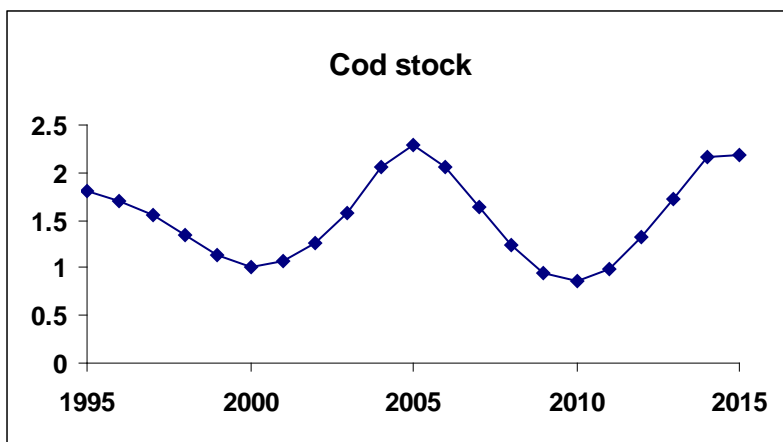
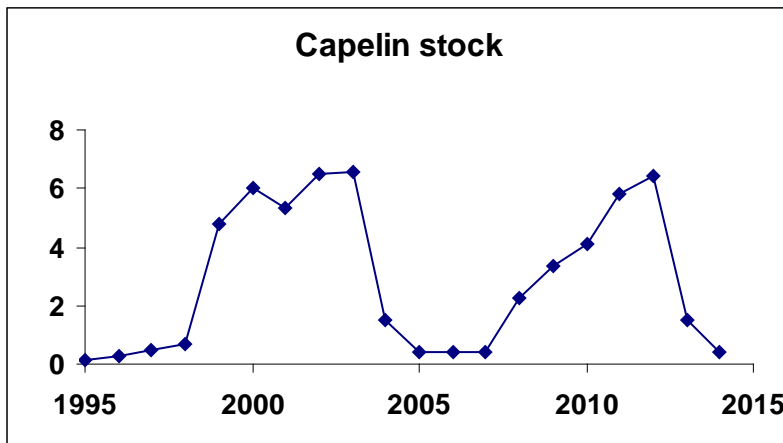


Figur 5. Observert og modellert (svart kurve) bestandsutvikling i vekt(mill.tonn) og antall (milliarden ind.), antall til høyre i figuren.

## Fangst og bestandsprognoser 1995-2015

Dersom vi forutsetter en lignende periodisk klimautvikling i fremtiden som i 1980- og 90-årene, (ca. 9år mellom varme klima perioder) og samme beskatning som i 1990 årene simulerer modellen en utvikling i fangst og bestand for de tre artene som vist i figurene 6 og 7. Bestandene er lest inn i 1995, og det er ikke gjort noen justeringer i beregningene i ettertid. Dette er med andre ord en 20-års prognose beregnet fra 1995.





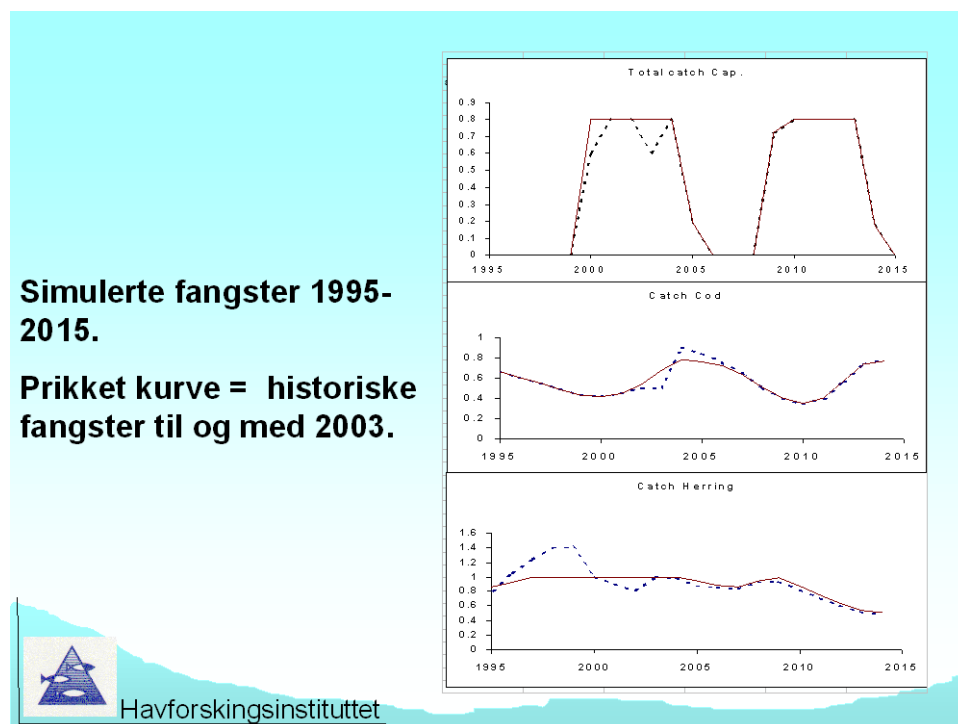
Figur 6. Bestander i mill. tonn.

Bestandsutviklingen frem til 2003 stemmer i store trekk med den vi har observert. Modellen simulerer en dårlig vekstperiode for torsken frem til år 2000 på grunn av liten tilgang på lodde, og en påfølgende sterk vekst i torskebestanden etter som lodda vokser til igjen. Denne veksten i torskebestanden vil fortsette frem til midten av dette tiåret, da lodde bestanden igjen kan kollapse som følge av sterke års klasser av sild og torsk i 2002. Når silda forlater

Barentshavet i 2004-05, blir det igjen nedgangs tider for torsken. Men nå begynner lodda å ta seg opp igjen, og innleder en ny høyproduktiv periode i systemet.

Simuleringen indikerer nedgang i sildebestanden i neste 9-års periode. I motsatt fall må vi få en sterk sildeårsklasse også i år, på størrelse med de to sterke sildeårsklassene 1991-92. Det er ikke forventet i denne simuleringen.

Den tilsvarende simulerte fangstutvikling (figur7) viser to alternativer, den ene (prikket kurve) utviklingen dersom vi legger inn historiske fangster og vedtatte kvoter frem til og med 2003. Simulert beskatnings strategi er tilnærmet lik den vi har praktisert i 90-årene, med fiskedødeligheter for sild og torsk på henholdsvis 0.15 og 0.7. og med 'tak' på årlig fangst av sild og lodde på 1 mill.tonn og 0.8 mill. tonn henholdsvis. Det fiskes lodde kun om vinteren og fiske stoppes når gytebestanden er redusert til 0.5 mill. tonn.



Figur 7. Fangst i mill. tonn

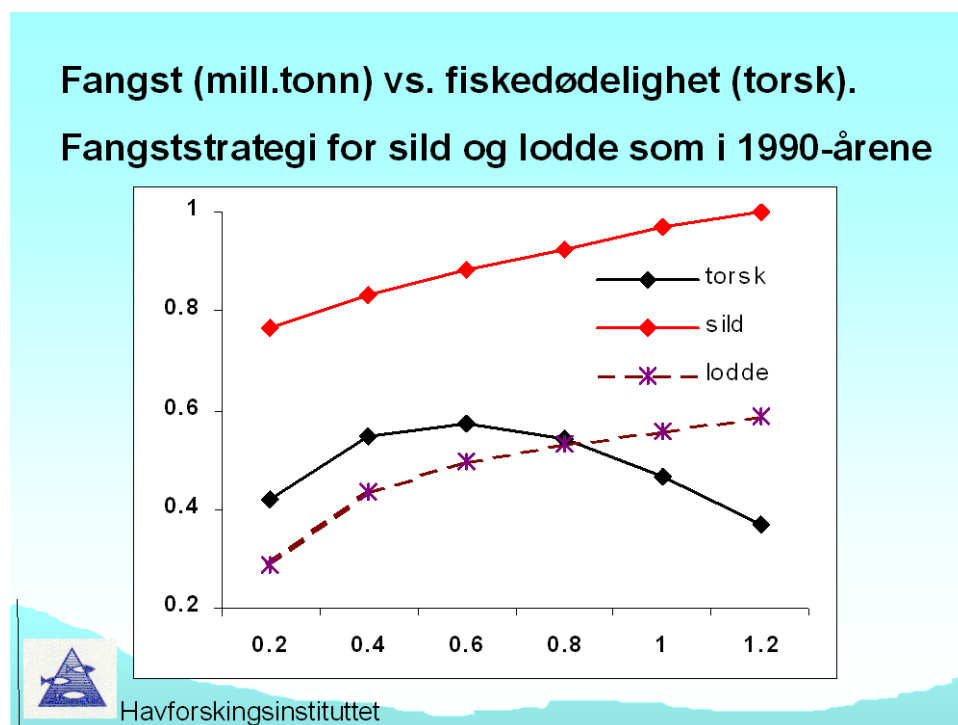
Loddefisket følger stort sett simulert fangst frem til 2002, men modellen fanger ikke opp den reduserte loddeknoten som ble beregnet for i år. Den videre utvikling i fangsten følger utviklingen i bestanden som vist i figur 7.

Simulert fangst av torsk er så å si identisk med historisk fangst frem til 2001. I 2002-2003 simulerer modellen større fangster enn det kvotene tilsier, spesielt i inneværende år. Det betyr at torskebestanden er voksende og kan gi grunnlag for økt utbytte i de 2 førstkommande år.

Når det gjelder silda indikerer modellen at dersom vi hadde redusert fisket i slutten av 90-årene til en årlig fangst på 1 mill. tonn kunne vi ha fortsatt sildefiske på dette nivået frem til 2010. På lenger sikt vil utviklingen være avhengig av hvorvidt vi får en eller to gode silde års klasser i de varme klimaperiodene. Det er usikkert. Det er også usikkert hvordan en voksende sei bestand vil påvirke dødeligheten i sildebestanden.

## Maksimalt vedvarende utbytte.

Maksimalt vedvarende utbytte (MSY) har vært et viktig referanse punkt i forvaltning sammenheng og ble regnet ut som langtids utbytte per rekrutt som funksjon av fiskedødelighet, uten hensyn til rekruttering, bestands interaksjoner og miljø påvirkning. Ved bruk av Systmod kan en gjøre tilsvarende beregninger av vedvarende utbytte av de tre bestandene som funksjon av fiskedødeligheten for torsk, hvor modellen ivaretar de økologiske sammenhengene i systemet. Resultatet av slike beregninger er vist i figur 8.

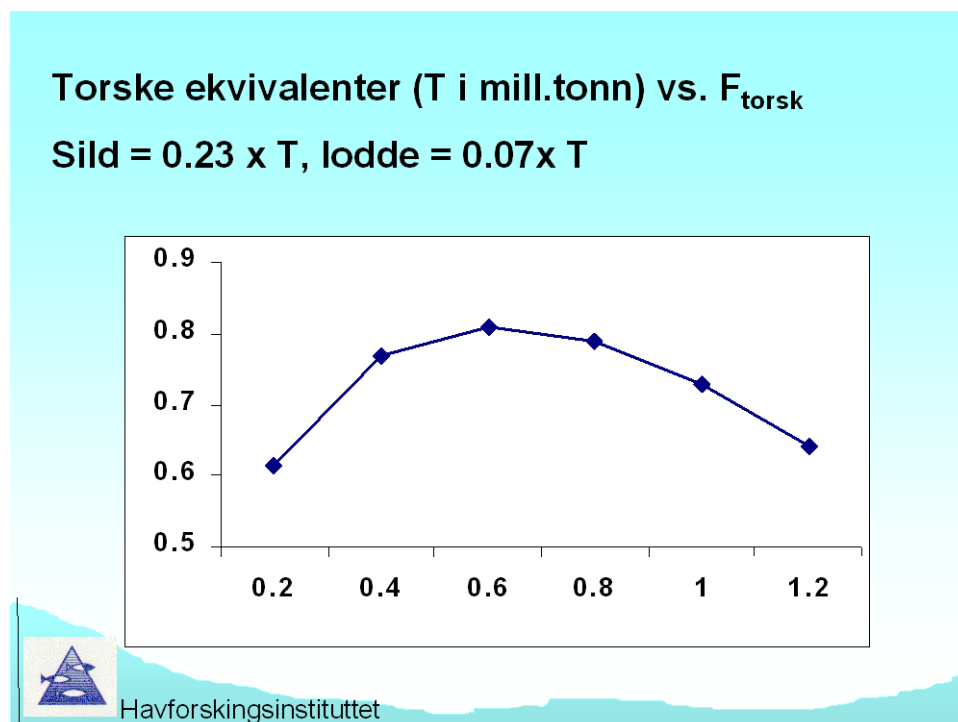


Figur 8 Fangst i mill. tonn

Beregningene er gjort over en tidsperiode på 40 år med 9 år mellom hver varm klimaperiode. Modellen er kjørt med økende fiskedødelighet på torsk fra  $F = 0.2$  til  $F = 1.2$ , og med samme fangst strategi for sild og lodde som i 1990-årene. Figuren viser det årlige gjennomsnitts utbytte for hver av artene. Det maksimale langtids utbytte for torsk er beregnet til 570 000 tonn og det oppnår en ved en  $F_{\text{torsk}} = 0.6$ . Det tilsvarende langtids utbytte for sild og lodde er beregnet til 880 000 tonn og 495 000 tonn henholdsvis. Dersom en øker beskatnings graden for torsk over  $F = 0.6$ , vil torskebestanden reduseres og utbytte av byttedyrene sild og lodde vil øke, mens utbytte av torsk vil bli redusert. Da blir torskebestanden overbeskattet, sett i enbestands sammenheng, men utbytte av de tre artene samlet vil fortsette å øke i volum med voksende fiskedødelighet på torsk.

Hvilken  $F_{\text{torsk}}$ - verdi som gir det største vedvarende utbytte for de tre bestandene samlet kan en regne ut ved å legge inn torske ekvivalenter som en felles enhet i beregningene. Torske ekvivalenter er en enhet som omregner fangst av andre fiskeslag til fangst av torsk med

samme verdi. Enheten har vært brukt ved kvotdeling landene i mellom, og beregnes ut fra pris forskjellen mellom torsk og andre fiskeslag. Figur 9 viser samlet langtids utbytte av de tre bestandene, regnet i torske ekvivalenter, som funksjon av  $F_{\text{torsk}}$  og med antatt førstehandspriser på kr. 13,00, 3,00, og 1,00 for torsk, sild og lodde henholdsvis.



Figur 9. Fangst i mill. tonn torske ekvivalenter.

Det maksimale langtidsutbytte er beregnet til 810 000 torske ekvivalenter til en samlet førstehands verdi av 10,5 milliarder kroner. Maksimalt utbytte får en ved  $F_{\text{torsk}}$  tilnærmet lik 0.65. Antar vi en biologisk tilhørighet på 70% for sild og 50% for torsk og lodde, vil de norske potensielle fiskeresursene i Norskehavet-Barentshavet i form av torsk sild og lodde være i størrelsesorden 450 000 torske ekvivalenter til en førstehands verdi på nærmere 6 milliarder kroner.

## Oppsummering

De norske fiskeresursene tilhører to separate økosystemer, et i Nordsjøen og et i Norskehavet-Barentshavet. Ressursene i Norskehavet-Barentshavet er de viktigste og her har Norge, sammen med Russland, forsknings- og forvaltningsansvaret for ressursene, mens EU-landene har hatt hovedansvaret i Nordsjøen. I Nordsjøen er de viktigste bestandene overbeskattet, i Norskehavet-Barentshavet tilnærmet optimalt beskattet.

Sild og lodde er nøkkelbestander i biomasse produksjonen i Norskehavet-Barentshavet, mens forvaltningen av torskebestanden bestemmer langtids utbytte av de tre artene. Dette har sammenheng med bestands interaksjoner og påvirkningen av et varierende havklima og miljø. Disse forhold ble ikke tatt hensyn til i de råd som ACFM gav for forvaltning av torskebestanden i 1990- årene og som til tider ble sterkt misvisende. Den store bekymring ACFM uttrykte for torskebestanden i slutten av 1990-årene var således ubegrunnet fordi nedgangen i bestanden var et resultatet av manglende byttedyr og ikke overbeskatning.

Flerbestands modellering har lenge vært et prioritert forsknings felt, men ennå er disse modellene på et tidlig utvikling stadium. Dette gjelder også modellen Systmod som er omtalt her. Spesielt svekker mangelen på viktige bestander som sei og marine pattedyr påliteligheten av denne modellen. Modellen simulerer imidlertid fortiden rimelig bra og gir prognoser for utviklingen i bestandene av torsk sild og lodde etter 1995 som er i god overensstemmelse med det vi hittil har registrert.

Ved bruk av modellen har en regnet ut at det maksimale vedvarende årlige utbytte av torskebestanden er i gjennomsnitt henimot 600 000. Det oppnår en ved en fiskedødelig på om lag 45% ( $F=0.6$ ). Det optimale økonomiske utbytte av alle tre artene vil en oppnå ved en noe høyere fiskedødelighet på torsk, avhengig av bestandenes relative verdi per vekt enhet.